

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11266007
PUBLICATION DATE : 28-09-99

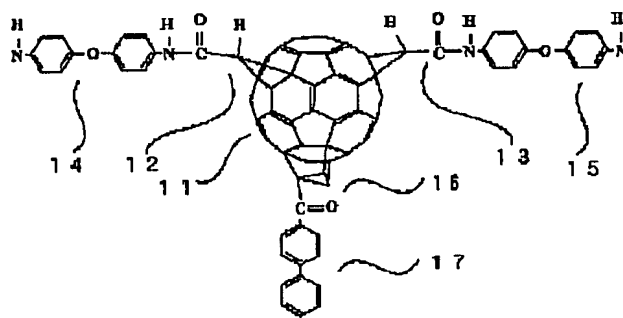
APPLICATION DATE : 17-03-98
APPLICATION NUMBER : 10066499

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : KITAZAWA KOICHI;

INT.CL. : H01L 29/66 H01L 29/06 H01L 29/78

TITLE : MOLECULAR SINGLE ELECTRON
TRANSISTOR AND INTEGRATED
CIRCUIT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To make feasible direct connection of tunneling junction molecules to a fullerene, by forming a coupling of cyclopropane ring in a single electron transistor structure including quantum dot.

SOLUTION: A molecular single electron transistor is composed of a quantum dot 11 made of a fullerene, insulating molecules 12, 13 displaying tunneling junction characteristics, conductive molecules 14, 15 displaying conductive characteristics, a gate insulating body 16 consisting of an insulate molecule forming an insulating gate and a gate 17 comprising conductive molecules. The conductive molecule 14 and the conductive molecule 15 respectively function as a source and a drain. In such a constitution, when a potential is impressed to the gate 17, the potential of the quantum dot 11 made of the fullerene is fluctuated by the potential fluctuation, and as a resultant, the channel current flowing between the source 14 and the drain 15 changes corresponding to the gate potential. Furthermore, the width of the tunnel junction and the barrier height, etc., can be controlled by changing the insulator molecular structure.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-266007

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 29/66

H 0 1 L 29/66

29/06

29/06

29/78

29/78

3 0 1 J

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-66499

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月17日

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000003108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 和田 恭雄

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地株式会社

日立製作所基礎研究所内

(72) 発明者 北沢 宏一

東京都文京区本郷7-3-1 東京大学大学

院工学系研究科応用化学専攻北沢研究室内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

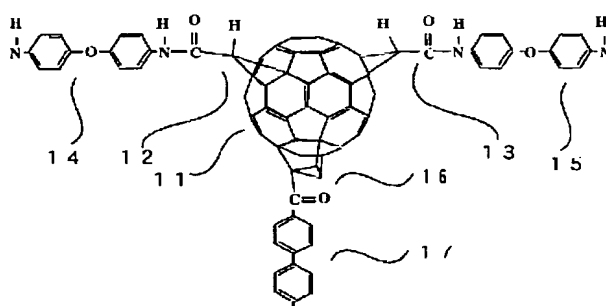
(54) 【発明の名称】 分子単電子トランジスタ及び集積回路

(57) 【要約】

【課題】 従来のシリコン半導体を用いたトランジスタよりも1000倍以上高性能な情報処理を可能にする超高性能単電子トランジスタの製作。

【解決手段】 フラーレン、高次フルーレンを量子ドットとする分子単電子トランジスタにより、量子ドット寸法が1 nm以下の極微小トランジスタが実現可能になり、従来のシリコン半導体を用いたトランジスタよりも1000倍以上高性能な情報処理を可能にする。

図 5



【特許請求の範囲】

【請求項1】フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備したことを特徴とする分子単電子トランジスタ。

【請求項2】フラレーンないし高次フラレーン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より、一つ以上、特に良好な特性を示すためには二つないしそれ以上の数の結合を引き出した部分をトンネル接合として具備し、さらに該トンネル接合となるべき分子と共役2重結合鎖を有する他の分子とを化学結合することにより構成された請求項1記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項3】前記トンネル接合となるべき分子の長さが0.2ないし4nm程度、特に良好なトンネル特性を示すためには、0.3ないし1nmである請求項2記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項4】フラレーンないし高次フラレーン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より、一つ以上、特に良好な特性を示すためには二つないしそれ以上の数のシクロプロパン環状結合を介して、他の共役2重結合鎖を有する分子と化学結合する請求項1記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項5】フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備したことを特徴とする分子単電子トランジスタにおいて、導電性分子よりなるゲートが該フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体と絶縁性の有機分子で接続されていることを特徴とする分子単電子トランジスタ。

【請求項6】前記導電性分子よりなるゲートが該フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体と絶縁性の有機分子で接続され、かつ、前記トンネル接合となるべき分子の長さが0.2ないし4nm程度、特に良好なトンネル特性を示すためには、0.3ないし1nmである請求項4記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項7】フラレーンないし高次フラレーン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より、一つ以上、特に良好な特性を示すためには二つないしそれ以上の数のシクロプロパン環状結合を介して、他の分子と化学結合することを特徴とする分子単電子トランジスタにおいて、導電性分子よりなるゲートが該フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体と絶縁性の有機分子で接続されている請求項4記載の分子単電子トランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は情報処理に用いる超高性能トランジスタの新規な構造に関するもので、さらに詳述すると、有機分子からなる量子ドット、ソース、ドレーン、ゲート、トンネル接合等を具備した単電子ト

ランジスタ構造において、該量子ドットが、有機立体構造を持つフラレーン、あるいは高次フラレーンおよびそれらの誘導体からなることを特徴とする超高性能トランジスタの構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の情報処理デバイスは、シリコン半導体を用いたトランジスタが主に用いられてきた。その性能の向上は、ゲートなどの加工寸法を縮小することにより達成されてきた。例えば和田ら、ジャーナル オブ アプライド フィジックス、74巻12号、7321頁（1993年）（Y. Wada, et. al., J. Appl. Phys., 74(12), 7321 (1993).）に詳細に述べられているように、最小加工寸法は3年で70%という非常に早いペースで30年近くも縮小され続けてきており、現在では0.25ミクロン（ μm ）の加工寸法が用いられている。しかし、その誕生から50年を経た現在、寸法縮小も限界に近づきつつあり、より高性能なデバイスが必要とされている。

【0003】この問題を解決するために、単電子トランジスタが考案され、研究されている。例えばリカレフ、アイビーエム ジャーナル、32巻144頁（1989年）（K.K. Likharev, IBM J. Res. Develop, 32, 144 (1989).）に詳細に記述されているように、微小な量子ドットと、トンネル接合で分けられたソース、ドレーン領域と、ゲート領域からなる単電子トランジスタが代表的な例で、量子ドットの寸法を30nm程度にすることにより、1テラ（ 10^{12} ）ヘルツの動作速度を実現でき、従来のシリコンで作られた電界効果型トランジスタと比較して、数桁高速化が可能であることが述べられている。

【0004】しかし、彼の性能見積もりは必ずしも正確ではなく、情報処理デバイスとして十分な性能を発揮させるためには、量子ドットの寸法を非常に小さくすることが必要であることが我々の研究で明らかにできた。ラトビッチ等、ジャーナル オブ アプライド フィジックス、75巻7号、3654頁（1994年）（M. Lutwyche, et. al., J. Appl. Phys., 75(7), 3654 (1994).）に詳細に述べられているように、1テラヘルツ以上の超高速で単電子トランジスタを動作させるためには、図6に量子ドット寸法と動作速度の関係を示したように、該量子ドットの寸法を10nm以下、より高性能なデバイス動作を実現するためには、1nmあるいはそれ以下にすることが必要である。また一方で、大規模にデバイスを集積した場合に非常に重要となる量子ドット寸法のばらつきは、5%以下にする必要があり、この点まで考えると、将来の超高速デバイスに必要とされる量子ドット寸法1nmといった超微細、超高精度加工技術は、実現不可能である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような単

電子トランジスタ技術の問題点を解決するためになされたもので、量子ドットを含めた単電子トランジスタ構造に、分子を用いることにより、非常に高性能なデバイスを実現しようとするものである。即ち、分子の特徴である構造寸法の精密制御可能性、同一構造分子の同時大量製造可能性、という性質を最大限に利用した新規なデバイスを実現するものである。この点をさらに詳述すると、量子ドットにフラレーンあるいは高次フラレーンおよびそれらの誘導体などからなる分子を用いることにより、量子ドットの寸法を1nm以下と非常に小さくすることが可能になり、また後述するように、寸法制御が特に重要なトンネル接合部分の寸法制御が分子を用いることにより非常に正確にできるためである。有機分子からなる単電子トランジスタに関しては、和田、アトミック・アンド・モルキュラー・ワイヤーズ、クルワー出版 1997年 193頁 (Atomic and Molecular Wires, C. Joachim and S. Roth (Eds.), Kluwer Academic Publishers(1997) pp193) に記述されている。しかし、この文献に開示されているような平面的な量子ドット構造では、該量子ドットにトンネル接合と、ゲート絶縁体の両方の分子結合を形成しなければならないという制限があるため、分子を配置すべき空間が小さく、高いデバイス性能を可能にするような十分に大きなゲート容量を実現できない。このため、より高性能なデバイス特性を実現するためには、適切な分子配列が可能のように、量子ドットは立体構造をしていることが望ましい。

【0006】また、従来技術では特に大きく取り上げられていないが、量子ドットに隣接して設けられている二つのトンネル接合のトンネル抵抗値は、ほぼ同一であることが必要である。これも従来の物理的な技術で単純に作成したのでは、十分に制御できない。この理由はトンネル抵抗 (R) がトンネル接合として働く絶縁膜の膜厚 (t) に対し大まかに、

$$R = k \exp(-t) \quad (1)$$

のような関係で依存するために、わずか0.1nmのトンネル接合幅の差があっても、抵抗値は一桁程度異なるからである。ここで k は定数である。分子を用いれば、その寸法差、すなわち分子間の結合距離の差はほぼ完全に無視できる程度であり、分子構造を同一にすれば、常にほぼ同一のトンネル抵抗値を得ることが可能である。このため、多数のデバイスを集積した場合でも良好な動作特性が実現できる。

【0007】また、従来技術ではフラレーンに直接トンネル接合となるべき分子を接続することは非常に困難であり、量子ドットにフラレーンあるいはその類似分子を用いた構造の高性能分子単電子トランジスタを実現することは技術的に不可能に近かった。本発明では、シクロプロパン環の結合を形成することにより、フラレーンへの直接トンネル接合分子の接続技術を可能にした。このため、動作速度が数テラヘルツ以上の非常に高性能な

単電子トランジスタが実現できるようになり、本発明の技術的効果は大である。

【0008】

【課題を解決するための手段】単電子トランジスタの基本構造は量子ドット、トンネル接合、導電性電極、絶縁ゲート、およびゲートである。図1は本発明の単電子トランジスタの構造を模式的に描いたもので、量子ドット101、トンネル接合102、103、導電性電極104、105、絶縁ゲート106、およびゲート電極107よりなる構造を示す。動作原理は、ゲート電極107より与えたポテンシャルにより、量子ドット101のポテンシャルを変化させ、該量子ドット101を通る電子の数を制御するものである。

【0009】したがって、これらの構造を分子で形成するためには、該量子ドット101、導電性電極104、105、およびゲート電極107は導電性分子、またトンネル接合102、103は電子がトンネルするに十分薄いトンネル絶縁性分子、絶縁ゲート106は絶縁性分子で各々形成する必要がある。

【0010】量子ドット101は、図6に示した量子ドット寸法と動作速度の関係を満足するような寸法、すなわち少なくとも、10nm以下、より高性能を実現するのであれば1nm以下程度の寸法であることが必要である。フラレーンないし高次フラレーンおよびその誘導体は、炭素間の二重結合が導電性を与え、またその直径が約0.7nm程度と、高性能単電子トランジスタの量子ドットとして必要な条件を全て満足しており、非常に適当な材料である。その誘導体は様々な寸法を持つため、必要なデバイス特性に合わせて、適切な分子を量子ドットとして選ぶことが可能である。トンネル接合102、103を形成する分子は、フラレーンと結合し、かつトンネル特性を示すため、0.2ないし4nm程度の長さを持つ絶縁性分子であることが必要である。特に良好なトンネル特性を示すように、図6から適切な長さを持つ絶縁体分子を設計することが可能で、量子ドットにフラレーンを用いる場合には、0.3ないし1nm程度が最も適当な長さである。また、導電性電極を形成する分子104、105は、ベンゼン環、チオフエン、ポリアセチレン等の共役電子を持つ、導電性分子を用いることが適当である。一般にポリアセチレン等の直鎖状分子は、そのままでは直線的な構造を取らず、環状にカールし、空間的に制御した構造になりにくい傾向が強いため、適切な場所に分子の対応する部分を配置することが必要なデバイスとして用いることは困難である。したがって、同様に共役性分子であるベンゼン環、チオフエン等、直線的な構造を持つ分子基を分子内に適切に配置し、直鎖状の構造とすることが望ましい。

【0011】絶縁ゲート106は、少なくとも該トンネル接合を形成する分子102、103よりも高抵抗であることが必要である。したがって、その長さは少なくと

も該トンネル接合分子102、103よりも長いことが必要である。また、容量も該トンネル接合よりも大きいことが望ましい。ゲート電極107は、導電性電極を形成する分子104、105と同様に、ベンゼン環、チオフェン、ポリアセチレン等の基を含む、共役電子を持つ導電性分子を用いることが適当である。

【0012】図1に示した分子単電子トランジスタは、導電性と絶縁性の分子を適切に配置した分子構成にすることにより実現可能である。また、フラーレンおよびその誘導体からなる量子ドットを用いることにより、量子ドットの寸法を1nm以下にできるため、その動作速度は数テラヘルツ以上と非常に高性能となる。さらに加えて、絶縁性分子からなるトンネル接合を用いることにより、トンネル抵抗を非常に精度よく形成することが可能になるため、特性が正確に揃った、制御性のよいデバイスを実現可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】(単電子デバイス構造の実現)本例では、フラーレンあるいはその誘導体からなる量子ドットを具備した分子単電子トランジスタの構造に関し開示する。単電子トランジスタの最も基本的な構造は、単電子デバイスとも呼べる構造で、量子ドット、トンネル接合、導電性電極からなるものである。無論、これにゲートを接続したものが単電子トランジスタである。したがって、単電子トランジスタの実現のためには、単電子デバイス構造の実現が最重要な技術課題である。

【0014】本発明による分子単電子デバイスの基礎となる構造を図2に示す。図中で分子単電子デバイスの基礎となる構造はフラーレンあるいはその誘導体からなる量子ドット1、該量子ドットに化学結合により接続させた絶縁性分子からなるトンネル接合2、3、該トンネル接合2、3に接触する導電性分子よりなる導電体部分4、5からなることが示されている。このような基礎となる構造において、該導電性分子よりなる導電体部分4、5の両端を外部電極に接続することにより、該単電子デバイスの導電特性を測定可能である。

【0015】図2に示したような[60]fullerene polyamideにおいて、フラーレンからなる量子ドット1、シクロプロパン環で主要部分が形成された絶縁性分子からなるトンネル接合2、3、該トンネル接合に接触する主にベンゼン環により形成された導電性分子よりなる導電体部分4、5からなることが示されている。該トンネル接合を形成する分子2、3、該導電体を形成する導電性分子4、5は、必ずしも本例に示した構造である必要はない。例えば前者はシクロプロパン環に、さらにアルキル基、エトキシ基等の絶縁性分子を結合させることにより、比較的高い抵抗値を持つトンネル接合を形成可能である。また、後者は例えばフェニル基、アルケン、アルキン、チオフェン基等、一般には共役多重結合を分子の骨格とする導電性の分子であれば特に構造は制限されな

い。一般にフラーレンに絶縁性の分子の結合を直接形成することは極度に困難で、本例に開示したシクロプロパンからなる分子構造が大変に安定であり、デバイス作成上優れている。

【0016】このような分子を用いて両端の導電体部分を外部に接続し、該量子ドットを通るように電流-電圧特性を測定すると、図3に示したような単電子デバイス特有の、良く知られたクーロンステアケースが観測され、この結果からフラーレンからなる量子ドットに起因するクーロンギャップの大きさは約1Vであることが分かる。

【0017】したがって、図2に示した構造は室温動作が可能な分子単電子デバイスの基礎となる構造として用いることができる。すなわち、この量子ドットとして用いるフラーレン1に、フラーレン1の電位を制御するゲート電極を付ければ分子単電子トランジスタとなる。

【0018】無論、クーロンギャップの大きさは、量子ドットの全容量によって決まるため、フラーレンと結合している分子によって大幅に異なった値になる場合もあることは言うまでもない。

【0019】前述した単電子デバイス構造の構成の仕方の一例を次に説明する。本例では、量子ドットとして用いるフラーレンに、絶縁性分子からなるトンネル接合、該トンネル接合に接触する導電性分子よりなる導電体部分を反応させ、合成する例を示す。図4はその反応を分子式で描いたもので、[60]fullereneobisacetic acidと4,4'-Diaminobenzophenoneから[60]fullerene polyamideを合成するものである。[60]fullerene polyamideのようなフラーレンを挟んで、シクロプロパン環状結合を持つ構造からなる絶縁体が形成され、さらに導電体に繋がっている構造は、先に述べた分子単電子デバイスを実現するための基礎となる構造である。この合成反応は、ビリジン、塩化リチウム等の触媒を介して行われるもので、主な合成条件は以下の通りである。これはリー等、ケミストリレターズ、1037頁1997年(J.Li, et al., Chemistry Letters, 1037 (1997).)に詳述してあるとおりである。

【0020】

触媒： 塩化リチウム

反応温度： 110度

反応雰囲気： 窒素

反応溶媒： ビリジン

図4に示したような反応による[60]fullerene polyamideの収率はほぼ90-95%程度と、十分に実用に耐えるだけの高いものである。また、目的の反応生成物を精製することも容易にできる。

【0021】本発明の骨子はフラーレンないし高次フラーレンおよびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備している点が最も重要である。しかし、従来の手法ではフラーレンにトンネル接合を直接形成することが非常

に困難であった。本例で開示したトンネル接合となるべき分子は、図4に示したように、シクロプロパン環状結合を持つ構造を持たせることにより、これを可能にした。また、本例で開示した導電体分子は、本例で述べた材料に限ることなく、上述の如くフェニル基、アルケン、アルキン、チオフェン基等、一般には共役多重結合を分子の骨格とする導電性の分子を用いる事ができる。また、トンネル接合となるべき分子をシクロプロパン環に接続し、適切なトンネル抵抗を持たせることが可能である。

【0022】(実施例1) 本実施例では、該[60]fullerene polyamideの量子ドットとなるべきフラーレン部分に絶縁層を挟んでゲート部分を接続し、分子単電子トランジスタを形成する方法を開示する。図5は該[60]fullerene polyamideの6員環部分に選択的に反応させた導電性分子をゲートとした構造を示す。図中で分子単電子トランジスタはフラーレンからなる量子ドット11、トンネル接合特性を示すべき絶縁性分子12、13、導電性特性を示すべき導電性分子14、15および絶縁ゲートとなるべき絶縁性分子から構成されるゲート絶縁体16、導電性分子で構成されるゲート17からなる。導電性分子14はソース、導電性分子15はドレインとして機能する。

【0023】ゲート17に電位が印加されると、この電位変化により、フラーレンからなる量子ドット11のポテンシャルが変化し、その結果ソース14と、ドレイン15との間に流れるチャンネル電流値がゲートのポテンシャルに対応して変化する。このようにして、ゲートのポテンシャルが、トランジスタのコンダクタンスを変化させ、所定のトランジスタ機能を果たす。さらに本実施例のデバイス構造において、絶縁体分子の構造を変更することにより、トンネル接合の幅、障壁高さ等のデバイスパラメータを所定の値に制御することができる。また、量子ドットの寸法もフラーレンの適切な誘導体を用いることにより変化でき、分子の適切な選択と配置により、必要な特性のデバイスを製造可能である。これにより、適切な動作特性を持つ有機単電子トランジスタを実現可能である。

【0024】本実施例で開示した分子単電子トランジスタは、該量子ドットの寸法が10nm以下、特に構造を選べば、1nm以下と非常に小さいため、従来のシリコン半導体よりなるトランジスタと比較し、1000倍以上高性能なテラヘルツ以上の速度での動作が可能となる。さらにトンネル接合部分も構造、長さ等のパラメータを十分に制御した絶縁性分子で形成するため、非常に精度の高い抵抗の制御が可能で、制御性の高い、特性のほぼ完全に揃った分子単電子トランジスタを実現可能である。したがって本発明の技術的な効果は非常に大きい。

【0025】(実施例2) 図7に、実施例1で作成した分

子単電子トランジスタを集積回路に発展させるための構造の一例を示す。分子を主体とする構造を固体表面に結合させたり、分子素子自体を相互に結合させる考え方は、本願の発明者らによって、例えば、特開平9-307157あるいは特開平6-302807等にも開示されており、このアイデアを応用することが出来るが、この実施例では、各導電端子とゲート極端子が特定の金属と結合する構造を持たせたものである。そのため、各導電端子とゲート極端子の端部にセレン基Se、チオール基S、カルボン酸基COOを結合させ、これらを集積回路基板上に配列した特定の原子と結合させるものである。

【0026】図8(A)、(B)は図1に模式図で示した分子単電子トランジスタとこの単電子トランジスタの各導電端子とゲート極端子の端部に設けたセレン基Se、チオール基S、カルボン酸基COOが集積回路基板上に配列した特定の原子である銀Ag、金AuおよびシリコンSiと結合している状態を模式的に示す図である。101は量子ドットとなるべきフラーレンであり、これに化学的に結合している各導電端子のセレン基Seが銀113に、チオール基Sが金111に、カルボン酸基COOがシリコン112に選択的に結合している状況を示す。

【0027】図9は、図8に示した分子単電子トランジスタを基板上に集積化した例の模式図である。201は周辺に接続パッドを多数配列された基板であり、202はその一部を拡大して分子単電子トランジスタが接続されている状態を示す。量子ドットとしてのフラーレン101を中心とする分子単電子トランジスタ20の各導電端子のセレン基Se、チオール基S、カルボン酸基COOが基板上にあらかじめ配列されている銀113、金111、およびシリコン112に選択的に結合し、これらが所望の回路構成に応じて順次結合される。これらの接続ポイントとなる銀113、金111、およびシリコン112の間は、分子による接続導体あるいは配線により接続される。

【0028】基板上の所望の位置に接続ポイントとなる銀113、金111、およびシリコン112を配置するには、例えば、STMが使用できる。この場合、基板を絶縁体とするときは、例えば、本願の発明者らにより提案されている特開平6-216395に示されるような方法でSTMを使用すれば良い。

【0029】

【発明の効果】以上の実施例から明らかなように、本発明によれば、従来のシリコン半導体からなるトランジスタよりも1000倍程度と遥かに動作速度が速く、1/1000程度と遥かに寸法が小さいため集積密度の高い、超高性能分子単電子トランジスタを実現可能であるため、本発明の技術的效果は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の単電子トランジスタの構造を模式的に示す図。

【図2】本発明による分子単電子デバイスの基礎となる構造を示す図。

【図3】本発明による分子単電子デバイスの基礎となる構造により得られる電流-電圧特性を示す図。

【図4】量子ドットとして用いるフラーレンに、絶縁性分子からなるトンネル接合および該トンネル接合に接触する導電性分子よりなる導電体部分を反応させ合成する例を分子式で示す図。

【図5】量子ドットに[60]fullerene polyamideを採用した分子単電子トランジスタの実施例を示す図。

【図6】単電子トランジスタの性能を説明する図。

【図7】量子ドットに[60]fullerene polyamideを採用した分子単電子トランジスタを基板上に配列するための

実施例を示す図。

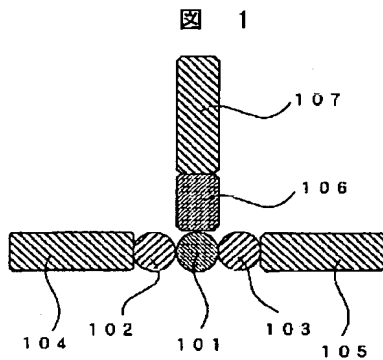
【図8】量子ドットに[60]fullerene polyamideを採用した分子単電子トランジスタの各接続点が原子に選択的に接合することを説明するための模式図。

【図9】集積化された分子単電子トランジスタの実施例を模式的に示す図。

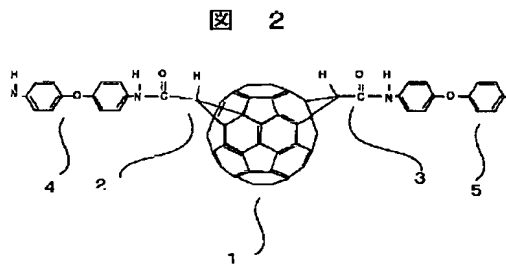
【符号の説明】

1、11、101…量子ドット、2、3、12、13、102、103…トンネル接合、4、5、14、15、104、105導電体、16、106…ゲート絶縁体、17、107…ゲート、111…金、112…シリコン、113…銀、20…分子単電子トランジスタ、201…集積化された分子単電子トランジスタ。

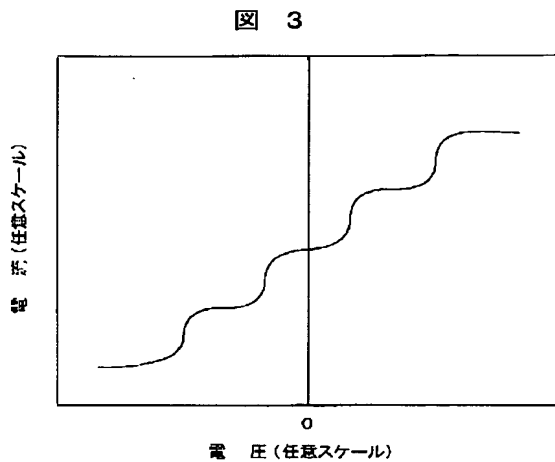
【図1】



【図2】

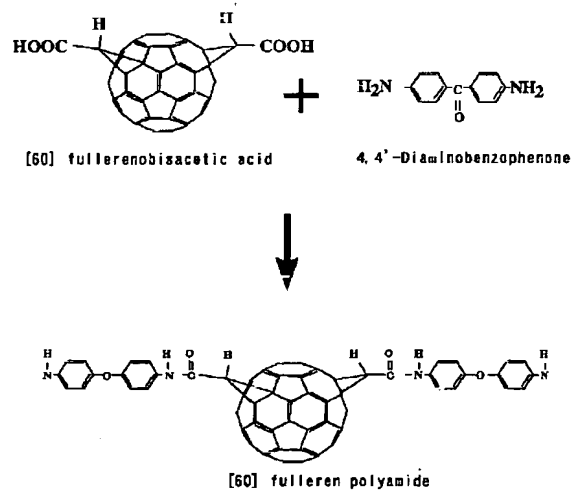


【図3】

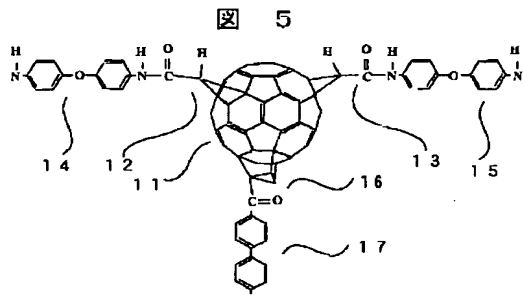


【図4】

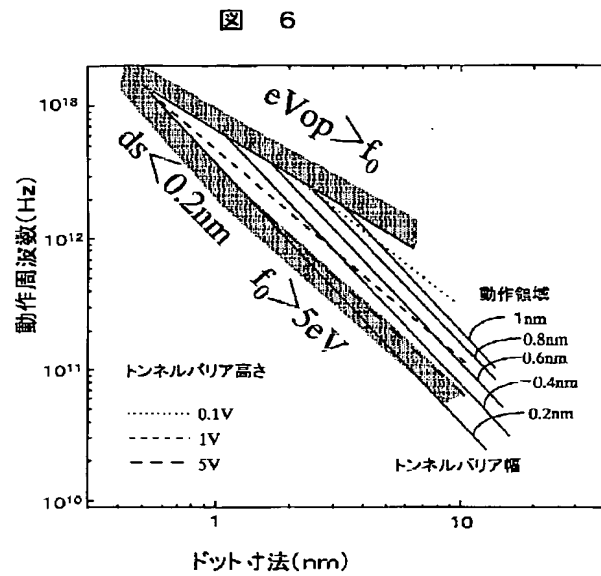
図 4



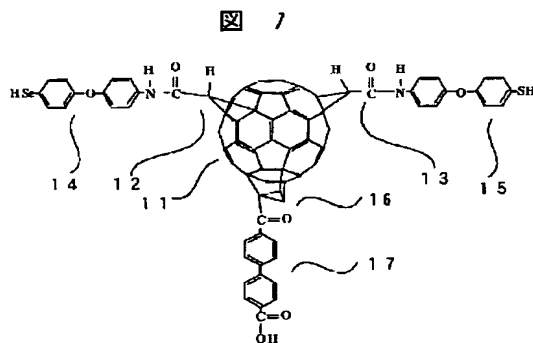
【図5】



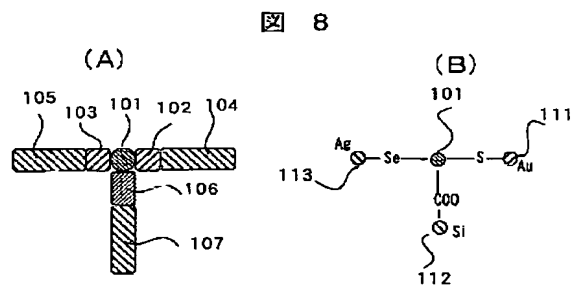
【図6】



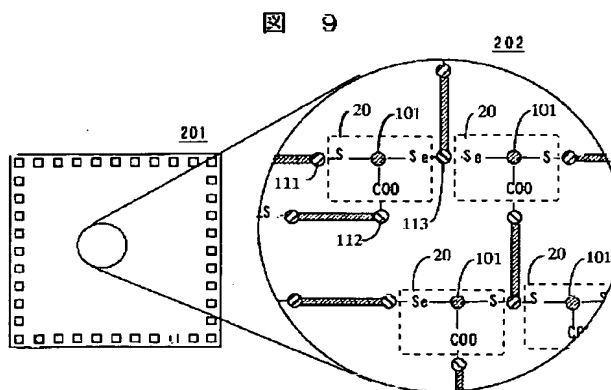
【図7】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成11年2月12日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】フラーレンないし高次フラーレン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より絶縁ゲートを形成する結合の引き出し部分と少なくとも二つのトンネル接合を形成する結合の引き出し部分とを具備し、さらにそれぞれの結合の引き出し部分となるべき分子と導電分子とを化学結合することにより構成され、前記絶縁ゲートを形成する結合を含む側をゲート端子とし、トンネル接合を形成する結合を含む側をソース端子およびドレン端子とすることを特徴とする分子単電子トランジスタ。

【請求項2】前記トンネル接合となるべき分子の長さが0.2ないし4nmである請求項1記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項3】前記量子ドットとなるべき分子からのトンネル接合を形成する結合の引出し部分がシクロプロパン環状結合を介したものである請求項1記載の分子単電子トランジスタ。

【請求項4】フラーレンないし高次フラーレン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より絶縁ゲートを形成する結合の引き出し部分と少なくとも二つのトンネル接合を形成する結合の引き出し部分とを具備し、さらにそれぞれの

結合の引き出し部分となるべき分子と導電分子とを化学結合することにより構成され、前記絶縁ゲートを形成する結合を含む側をゲート端子とし、トンネル接合を形成する結合を含む側をソース端子およびドレン端子とする分子単電子トランジスタであって、前記各端子の端部にカルボン酸基、セレン基およびチオール基のいずれかが結合されていることを特徴とする分子単電子トランジスタ。

【請求項5】フラーレンないし高次フラーレン分子およびその誘導体の何れかを量子ドットとして具備し、該量子ドットとなるべき分子より絶縁ゲートを形成する結合の引き出し部分と少なくとも二つのトンネル接合を形成する結合の引き出し部分とを具備し、さらにそれぞれの結合の引き出し部分となるべき分子と導電分子とを化学結合することにより構成され、前記絶縁ゲートを形成する結合を含む側をゲート端子とし、トンネル接合を形成する結合を含む側をソース端子およびドレン端子とし、且つ、前記各端子の端部にカルボン酸基、セレン基およびチオール基のいずれかが結合されている複数の分子単電子トランジスタと、表面上の所定の位置にシリコン原子、銀原子および金原子よりなる接続点の組を複数個備えた絶縁性基板とよりなり、前記基板上的接続点のシリコン原子、銀原子および金原子と前記分子単電子トランジスタの各端子の端部に結合しているカルボン酸基、セレン基およびチオール基とが対応して結合するとともに、前記分子単電子トランジスタの各端子が接続された接続点間が前記分子単電子トランジスタによる所定の機能を持つように接続されていることを特徴とする集積回路。